

## boletín técnico T-103S

# OXIDACION DEL ASFALTO

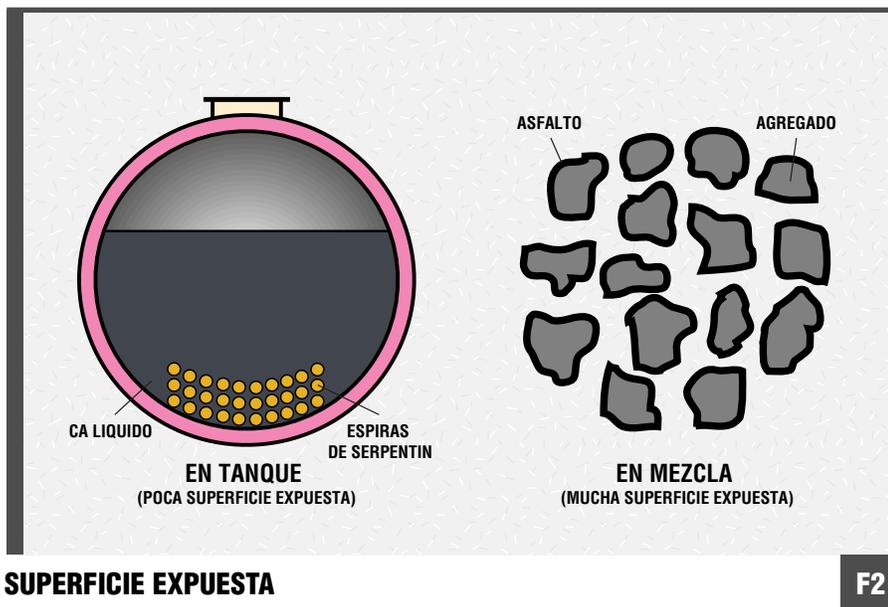
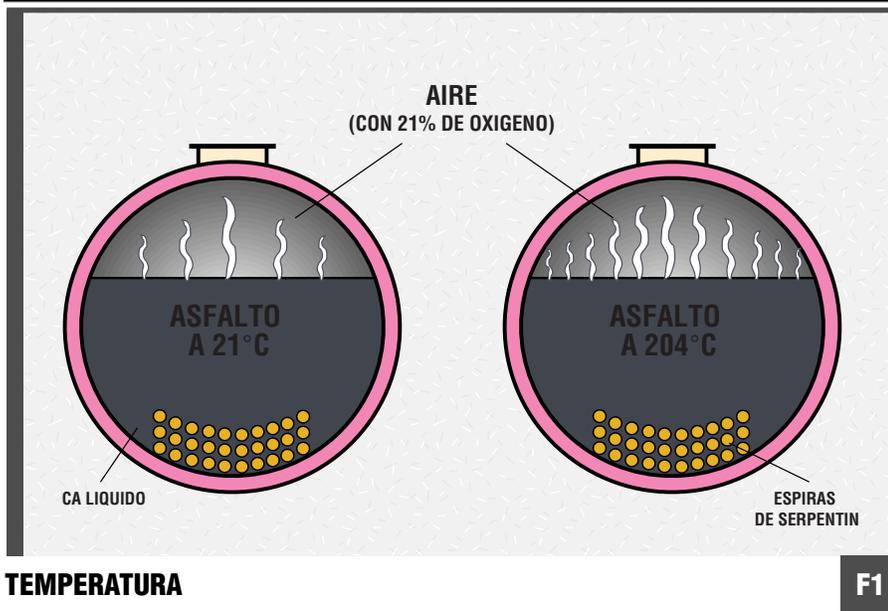
por J. Don Brock, PhD., P.E.

ASTEC anima a sus ingenieros y ejecutivos a redactar artículos que sean de valor para los miembros de la industria de mezcla de asfalto caliente (HMA). La compañía también patrocina actividades de investigación independiente cuando lo estima apropiado y ha coordinado la redacción conjunta con empresas competidoras de la industria. La información se divulga a las partes interesadas a través de boletines técnicos. El propósito de los boletines técnicos es poner la información a disposición de la industria de HMA a fin de contribuir al proceso de mejoramiento continuo que beneficia a la industria.

---

## CONTENIDO

INTRODUCCION .....	2
I. OXIDACION EN EL SISTEMA DE MANEJO DE LIQUIDO .....	3
II. OXIDACION DURANTE EL MEZCLADO .....	4
III. OXIDACION DE LA MEZCLA CALIENTE EN LA CARRETERA .....	5
IV. OXIDACION EN LAS TOLVAS DE MEZCLA CALIENTE .....	6
RESULTADOS DE PRUEBAS .....	10
Informe N° 1 .....	11
Conclusión .....	11
Informe N° 2 .....	12
Procedimiento .....	12
Conclusión .....	13
Informe N° 3 .....	14
Conclusión .....	15



## INTRODUCCION

La oxidación, en cuanto a la industria de mezcla caliente se refiere, es un fenómeno comprendido por pocos. Sin embargo, la oxidación del asfalto, junto con los factores que gobiernan la tasa de oxidación y su efecto eventual, son consideraciones extremadamente importantes para la calidad del producto y el éxito del productor.

Para poder describir la oxidación del asfalto de modo apropiado, es necesario definir lo que es el asfalto. El asfalto básicamente es un hidrocarburo compuesto por moléculas de hidrógeno y carbono. Desafortunadamente, no es posible dar la fórmula exacta del asfalto puesto que el mismo es un residuo que se produce al refinar petróleo crudo. Si se determina la fórmula química de un tipo específico de asfalto que se tiene disponible, la misma indudablemente variará cuando se utilice un petróleo crudo diferente, por lo cual la misma no será válida para todas las situaciones. Por lo tanto, no es posible escribir ecuaciones químicas que describan la reacción del asfalto con el oxígeno de modo preciso.

La oxidación es el proceso de combinar o de causar la combinación de una sustancia dada con oxígeno. La formación de herrumbre en el hierro es resultado de la combinación del hierro con oxígeno. El envejecimiento del asfalto con la reducción simultánea en los niveles de penetración

es resultado de la combinación del asfalto con oxígeno.

La combinación de asfalto y oxígeno produce resultados que generalmente pueden predecirse usando las reacciones conocidas del oxígeno con moléculas pequeñas de hidrocarburos. Las conclusiones siguientes se basan en tal tipo de conocimiento químico, al igual que el conocimiento práctico y la experiencia en la industria de mezcla caliente.

1. Cuando el asfalto se expone al oxígeno, reacciona químicamente (se oxida) a prácticamente todas las temperaturas.
2. La tasa de reacción es extremadamente sensible a la temperatura, doblándose por cada 14° que la temperatura suba por encima de los 93°C. Por ejemplo, la reacción entre el asfalto y el oxígeno se produce dos veces más rápidamente a 149°C que a 135°C. La reacción se produce cuatro veces más rápidamente a 163°C que a 135°C (**Figura 1**).

3. Puesto que el oxígeno es un gas y el asfalto un líquido, cuanto mayor sea la superficie de asfalto expuesta al aire, tanto mayor será la cantidad de reacción química. Básicamente, la reacción se produce en la frontera de la superficie (Figura 2).

4. La reacción química se ve afectada por el tiempo de exposición al oxígeno.

5. La presencia de elementos extraños en el asfalto, tales como las partículas metálicas, afecta la tasa y el grado de reacción química entre el oxígeno y el asfalto.

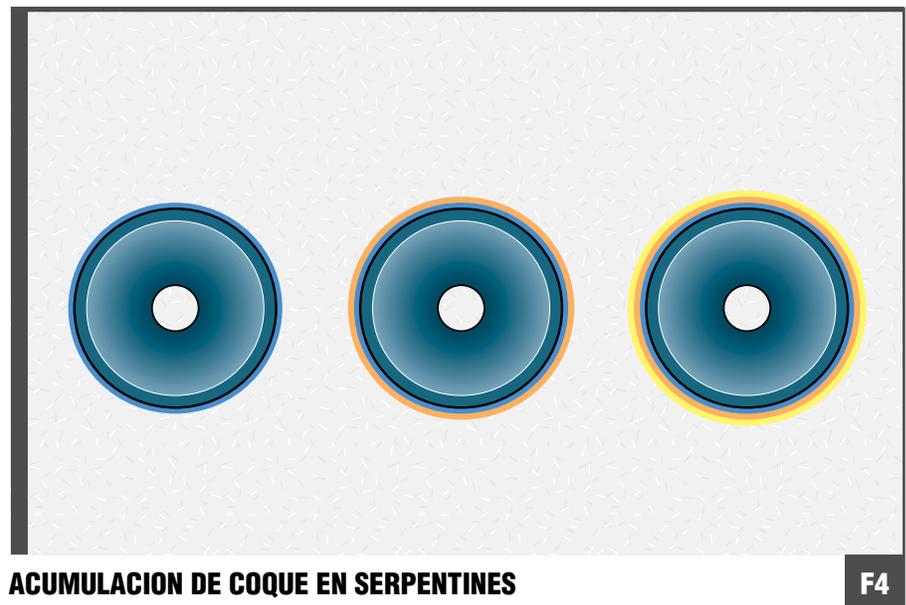
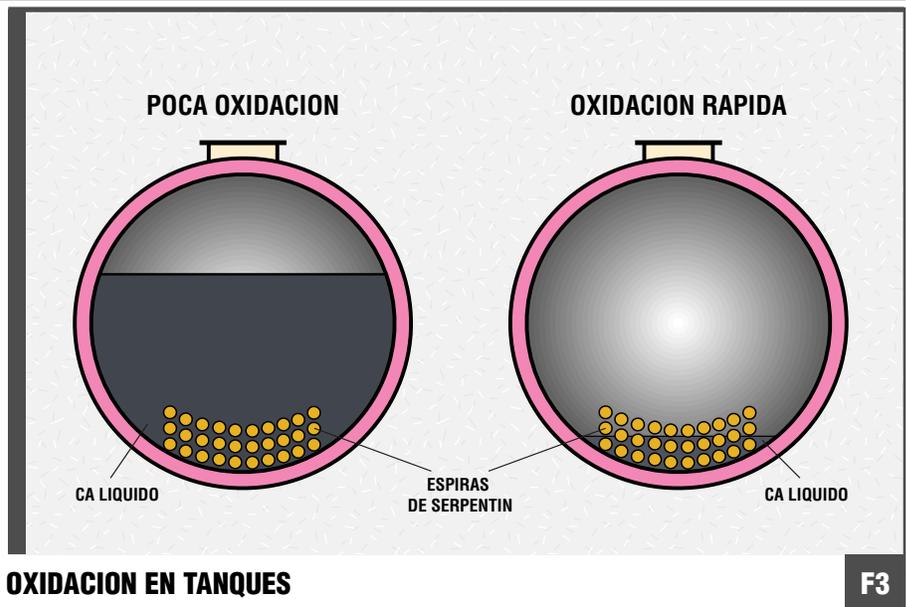
6. La radiación solar junto con la presencia de partículas metálicas también causa el deterioro acelerado del asfalto.

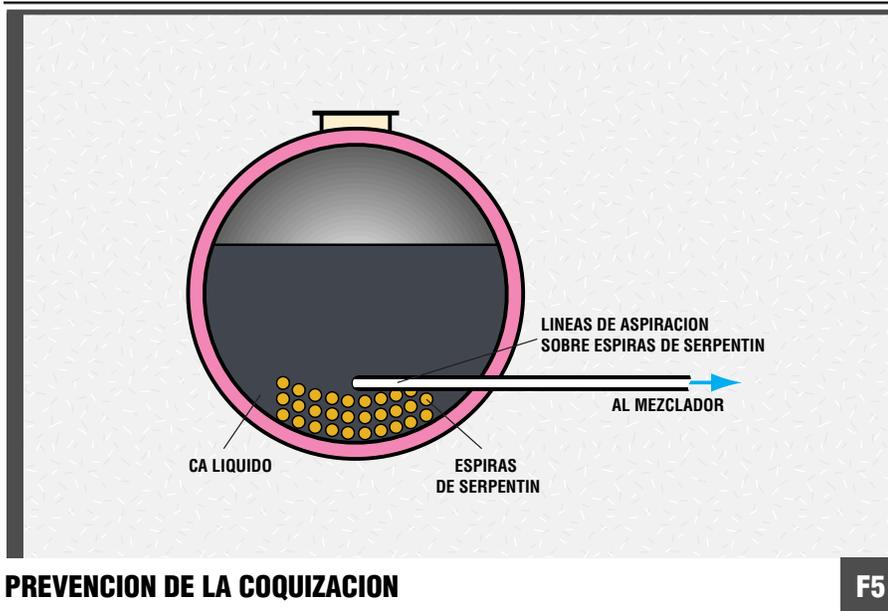
La industria de mezcla caliente se preocupa por la oxidación del asfalto en cuatro puntos: en el sistema de manejo de líquido de la planta; en el proceso de mezclado; en la superficie de la carretera y del pavimento; y en las tolvas de mezcla caliente.

## I. OXIDACION EN EL SISTEMA DE MANEJO DE LIQUIDO

Cuando se produce oxidación en el sistema de manejo de asfalto líquido, la misma recibe el nombre de coquización. La coquización en algunos casos representa un problema grave y en otros una molestia menor. La oxidación (o coquización) se produce cuando se permite que el nivel de asfalto líquido descienda por debajo de la superficie calentadora de los serpentines o elementos térmicos (Figura 3).

Cuando el serpentín sobresale del nivel de líquido, el mismo está cubierto por una capa delgada de asfalto. El asfalto queda en contacto con el aire. El oxígeno presente en el aire se combina con el asfalto y se produce oxidación. Además, la oxidación se produce rápidamente. Los serpentines de aceite caliente trabajan a una temperatura más elevada que la del asfalto líquido. La película de asfalto que cubre la parte expuesta del serpentín se calienta a una temperatura más alta que lo normal. Esto acelera la oxidación. A medida que el asfalto que cubre el serpentín reacciona químicamente con el oxígeno, el mismo se endurece. La masa endurecida de asfalto oxidado recibe el nombre de coque. Cada vez que el nivel de líquido en el tanque cubre el serpentín y luego vuelve a dejarlo





descubierto, una película adicional de asfalto se pega al serpentín, aumentando el espesor del coque acumulado (**Figura 4**). Desafortunadamente, el coque acumulado exhibe excelentes características aislantes. A medida que la acumulación se hace más gruesa, puede llegar a anular la eficacia del serpentín. Una capa de aproximadamente 3 mm de coque o asfalto oxidado equivale a 5 cm de aislante de lana de vidrio.

El proceso de coquización que ocurre en el serpentín de aceite caliente también se produce en las máquinas con tubos de fuego directo, en elementos calentadores y en cualquier otro elemento calentador normalmente sumergido que queda expuesto al aire.

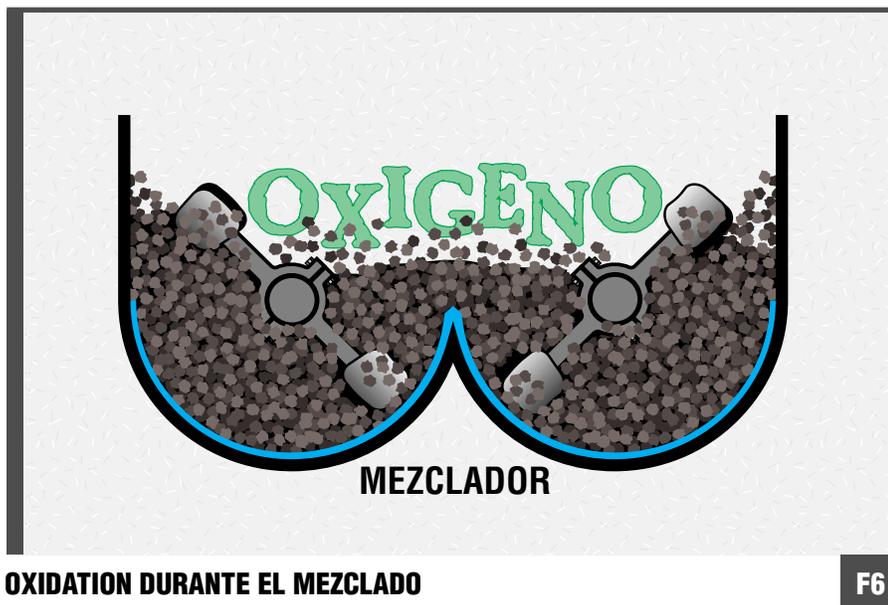
Es sencillo eliminar la coquización. Nunca permita que el nivel de asfalto descienda por debajo de las superficies calentadoras. Mantenga las superficies calentadoras sumergidas en el asfalto para impedir que entren en contacto con el oxígeno presente en el aire. Esta práctica es esencial si se tiene un calentador de fuego directo. Las superficies calentadoras de los tubos de fuego pueden calentarse mucho más que los serpentines de aceite caliente. Recuerde, cuanto mayor es la temperatura, tanto mayor es la tasa de oxidación.

Para evitar que el nivel de líquido descienda excesivamente, coloque la línea de aspiración del tanque de asfalto a un nivel más alto que todos los

tubos de fuego, los serpentines de aceite caliente o los elementos calentadores. Esta precaución sencilla puede prácticamente eliminar la coquización (**Figura 5**).

## II. OXIDACION DURANTE EL MEZCLADO

Durante el proceso de mezclado en una planta dosificadora, el asfalto se bombea o se rocía en el interior del mezclador, en donde se mezcla con el agregado caliente (**Figura 6**). Las superficies de todas las rocas y partículas del agregado se recubren con una película delgada de asfalto. Si fuera posible distribuir cada superficie recubierta para formar una superficie plana continua, la misma formaría una zona enorme recubierta por una película de asfalto de aproximadamente 10 micrones de espesor. Por ejemplo, en una tonelada de mezcla caliente con 6% de asfalto líquido, la superficie del líquido que forma una película de 10 micrones de espesor cubriría 5330 m<sup>2</sup> ó 0,53 hectáreas. Obviamente, por esta



superficie expuesta grande, el asfalto líquido se oxida rápidamente. En un mezclador se producen condiciones similares, lo cual resulta en una oxidación rápida. Es mucho más rápida que cuando el asfalto se guarda en un tanque. Sólo la superficie superior queda expuesta al oxígeno presente en el aire. En un mezclador, se crea una superficie de tamaño enorme. La exposición al oxígeno por volumen del asfalto se multiplica por un factor de mil o más.

Durante el proceso de mezclado, el grado de penetración del asfalto normalmente cae de 86 a aproximadamente 65 (normalmente se usa asfalto con penetración de grado 85 a 100 en la parte central de los EE.UU.). La reacción no necesariamente continúa hasta que se agote el oxígeno en los espacios vacíos. Si las muestras (tomadas de la caja del camión directamente después del mezclado) se enfrían rápidamente, el proceso de oxidación se detiene y se observan caídas en el grado de penetración de aproximadamente 10 puntos. Sin embargo, si las muestras se toman después que la mezcla ha sido transportada y vaciada en el pavimento (aproximadamente 1/2 a 1 hora después), se observa una reducción adicional de 10 puntos en el grado de penetración. La cantidad exacta de la reducción depende de muchos factores, tales como las temperaturas de mezclado, el tipo de mezcla, el tipo de asfalto y el tiempo de mezclado.

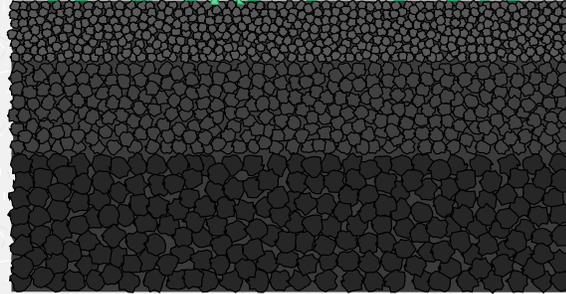
Sin embargo, basándonos en nuestras conclusiones obtenidas por análisis químico, es evidente que es posible reducir la oxidación que ocurre durante el mezclado. Las temperaturas de mezclado deben ser tan bajas como sea posible y el tiempo de mezclado debe ser lo más corto posible. El mezclado a temperaturas altas (177°C y superiores) y los tiempos de mezclado prolongados pueden perjudicar el producto final.

### III. OXIDACION DE LA MEZCLA CALIENTE EN LA CARRETERA

El asfalto vaciado en el pavimento generalmente se compacta a una densidad superior al 97%. La reducción de la tasa de oxidación es uno de los motivos por los cuales el diseño de la mezcla especifica una densidad alta y una cantidad baja de espacios vacíos. Aun en este caso, con el paso del tiempo y la exposición a los elementos del clima, el asfalto del pavimento lentamente empieza a reaccionar químicamente con el oxígeno presente en el aire. Cuando se vacía con un grado de penetración inicial de 60-65, el asfalto se oxida en un lapso de diez a quince años, hasta que su nivel de penetración llegue a 10-15. Al llegar a este punto, el pavimento se torna muy quebradizo, se agrieta gradualmente y se deteriora. La oxidación del asfalto de un pavimento ciertamente es muy lenta. Es lenta por que el asfalto queda protegido contra la exposición al oxígeno y usualmente se encuentra a temperaturas bajas. Las mezclas densas ayudan a prolongar la vida útil del asfalto porque impiden que el oxígeno penetre la mezcla y la deteriore por debajo de su superficie (**Figura 7**).

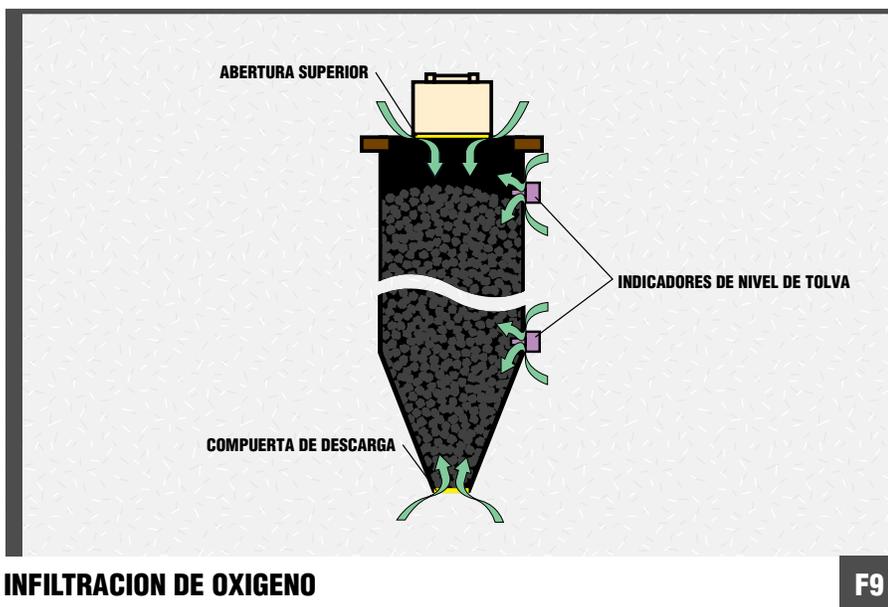
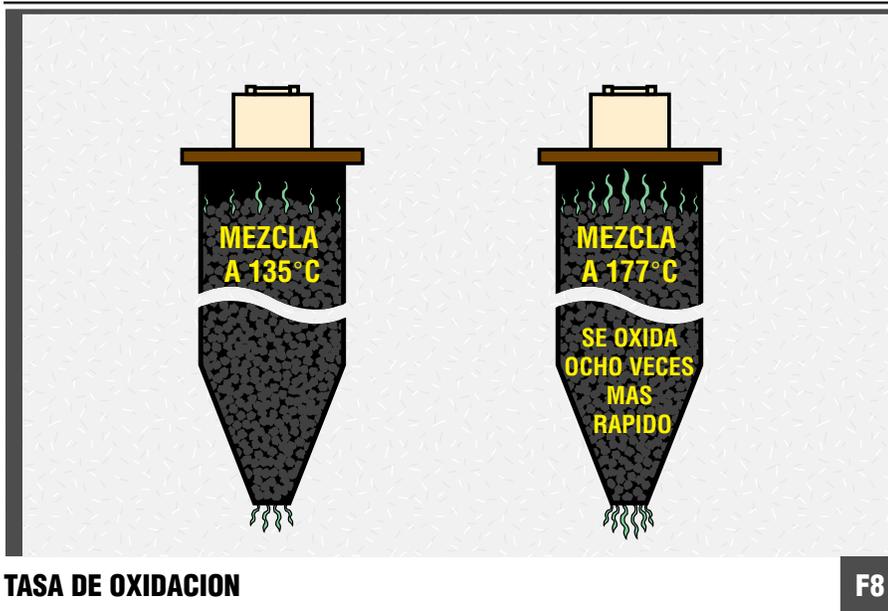
#### LA DENSIDAD DE LA MEZCLA IMPIDE LA PENETRACION DEL OXIGENO

OXIGENO



CAPAS DE PAVIMENTACION

F7



#### IV. OXIDACION EN LAS TOLVAS DE MEZCLA CALIENTE

Hay dos tipos de tolvas de mezcla caliente que se reconocen en la industria de mezcla de asfalto. La tolva de compensación de tipo más antiguo se utilizó por muchos años antes del desarrollo de la tolva de almacenamiento actual, desarrollada en 1966 para permitir almacenar la mezcla por más tiempo. El almacenamiento de la mezcla por tiempo prolongado se intentó en los primeros días de las tolvas de compensación (y desafortunadamente muchos operadores lo intentan hoy día). Esto no fue práctico en ese entonces y no lo es hoy día. La mezcla se deteriora rápidamente debido a la oxidación. Los factores que causan oxidación durante el manejo del líquido, el mezclado y en el pavimento están presentes continuamente en las tolvas de mezcla caliente. Estos factores son temperaturas altas, superficies grandes expuestas del material y el paso del tiempo. Dicho de otro modo: el grado de oxidación de las tolvas depende del paso del tiempo, de la temperatura y de la exposición al oxígeno.

El “tiempo” es el lapso durante el cual la mezcla queda expuesta a un entorno que contiene oxígeno. Cuanto más largo sea el tiempo, tanto mayor será la oxidación. La tasa de oxidación se ve afectada principalmente por la temperatura y la exposición al oxígeno. Muchos operadores suponen que es necesario colocar la mezcla

en la tolva a temperaturas elevadas para compensar el enfriamiento de la misma. Esta suposición es incorrecta debido al bajo grado de conductividad térmica de la roca y el asfalto. Las temperaturas altas no sólo brindan poca ayuda para mantener caliente la mezcla, sino que también propician la oxidación. La mezcla que se coloca en una tolva a 177°C se oxida ocho veces más rápido que si la misma se coloca a 135°C (**Figura 8**). Obviamente, se debe almacenar la mezcla a la temperatura más baja posible para reducir la tasa de oxidación.

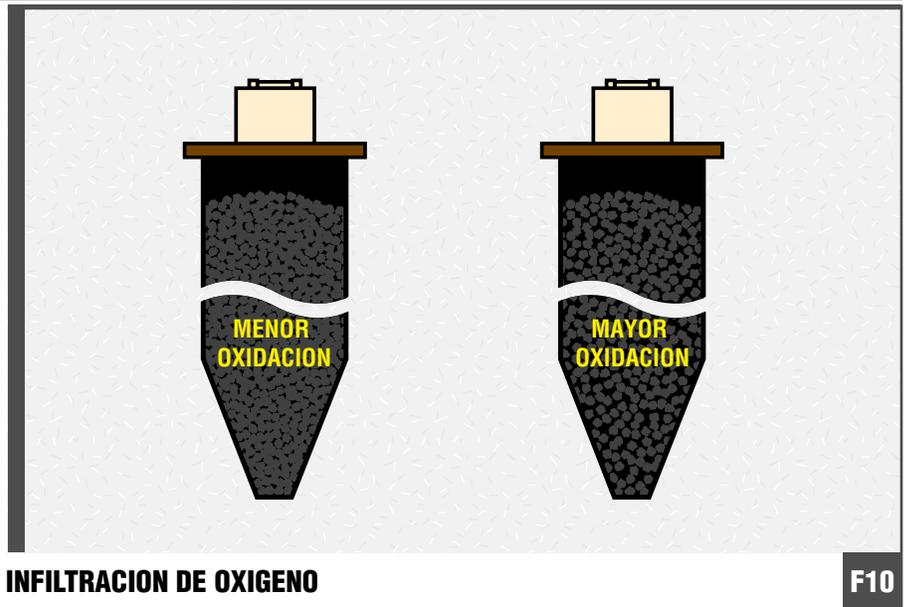
Un agente de oxidación posiblemente más sutil que el tiempo o la temperatura es la “exposición al oxígeno”. Decimos sutil por las muchas maneras en que puede producirse la exposición. El oxígeno penetra en la tolva por agrietaciones en sus paredes, por la abertura superior de la misma y por la compuerta de descarga (**Figura 9**) y penetra la mezcla por sus espacios vacíos.

El oxígeno del proceso de mezclado también es transportado en los espacios vacíos de la mezcla hacia la tolva. Normalmente, hay pocas aberturas en las paredes de una cubria. Si existen, usualmente se encuentran alrededor de los indicadores de nivel de la tolva. Este problema se resuelve fácilmente con un sellado adecuado.

El oxígeno que entra en la tolva a través de los espacios vacíos de la mezcla no puede eliminarse. El oxígeno reacciona químicamente con la mezcla, causando la reducción en los niveles de penetración hasta agotarse todo el oxígeno. Este oxígeno se introdujo como resultado del proceso de mezclado. Se encuentra presente

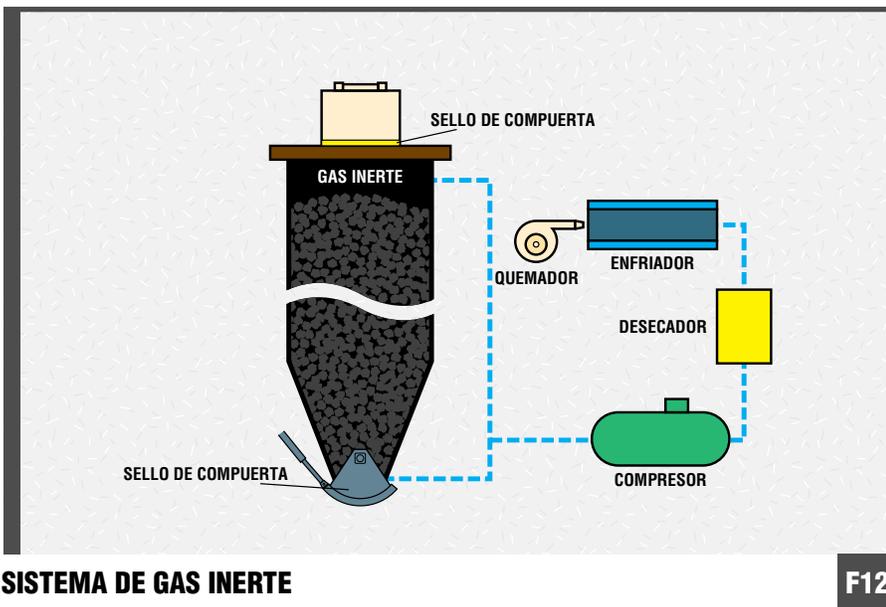
ya sea que la mezcla se cargue directamente en un camión o se almacene en una tolva de almacenamiento o de compensación. El oxígeno permanece allí hasta ser agotado por el proceso de oxidación. La penetración resultante en el pavimento será igual si la mezcla proviene directamente del mezclador o si pasó primero por una tolva. Es decir, la mezcla tendrá la misma calidad siempre y cuando no se produzca deterioro adicional debido a otros factores en la tolva de compensación o de almacenamiento. Afortunadamente, la carga de mezcla de una tolva a un camión no añade una cantidad significativa de oxígeno a la mezcla. Al menos no una cantidad suficiente para causar el deterioro adicional de la mezcla de asfalto al transportarla al sitio de trabajo.

El oxígeno que penetra en la tolva por su abertura superior y por la abertura de descarga inferior debe eliminarse si la mezcla va a almacenarse por un lapso algo prolongado. El grado de exposición de la mezcla al oxígeno depende del sistema de sellado en uso y de la densidad de la mezcla. Una mezcla de arena y asfalto muy densa es prácticamente impenetrable por el aire y se oxida únicamente en la parte inferior de la abertura de descarga y en la parte superior de la tolva. Un material base con más espacios vacíos permite que el oxígeno penetre en la mezcla y propicia un alto grado de oxidación. El grado de oxidación depende de los vacíos en la mezcla o del grado de exposición de la mezcla al oxígeno (**Figura 10**). Aun una mezcla de arena y asfalto, con su alto grado de densidad, se oxida significativamente si pasa un tiempo suficientemente largo.





La oxidación avanza como un cáncer a través de la mezcla con el paso del tiempo (**Figura 11**). Los operadores frecuentemente hallan que la mezcla oxidada puede romperse abriendo la compuerta de descarga y abriendo un agujero con un tubo. Esta mezcla oxidada o coquizada representa una mezcla de 15 años de edad con un grado de penetración de aproximadamente 10. El riesgo que se corre al abrir un agujero es que la mezcla que está sobre la parte endurecida que se rompe puede tener las propiedades de un asfalto de 8 a 10 años de edad con un grado de penetración de 30 a 40. Esta mezcla con grado de penetración de 30 a 40 fluye fácilmente de la tolva una vez que se quita la mezcla oxidada. Si se usa el material de grado 30-40 de penetración, la misma produce un pavimento que se torna quebradizo rápidamente y se deteriora después de una corta vida útil.



La tolva de almacenamiento se desarrolló para eliminar la oxidación en la tolva y así prolongar el tiempo de almacenamiento de la mezcla. Hay dos métodos que se han utilizado con éxito para eliminar la oxidación.

El primer método utiliza un sistema de gas inerte que se usa para sellar la compuerta de descarga y la abertura superior de la tolva (**Figura 12**). La tolva entonces se presuriza con los gases de escape de un quemador pequeño que trabaja con un nivel nulo de excedente, es decir, sin oxígeno

en sus gases de escape. Esta presión, aunque leve (aproximadamente 1,27 cm en una columna de agua), impide la entrada del oxígeno presente en la atmósfera exterior. Este sistema es sumamente eficaz cuando los sistemas de gas y de sellado, que son un tanto delicados, se mantienen bien ajustados. También se ha usado vapor supercalentado como gas inerte. Aunque en teoría el vapor funciona bien, es necesario tener sumo cuidado para eliminar la condensación del mismo en las superficies frías.

Un segundo método de almacenamiento de la mezcla, de desarrollo reciente, utiliza un sello perfecto en la compuerta de descarga. Se utiliza un sello líquido.

La compuerta inferior es de tipo almeja, la cual cuando se cierra forma un dispositivo acopado (Figura 13). La compuerta se cierra y se llena con aceite (o con un líquido que no se evapore) hasta un nivel por encima de la abertura de descarga. La abertura de descarga sellada con el aceite proporciona un sello perfecto eficaz que impide la entrada de oxígeno en la tolva. La entrada superior de la tolva cuenta con un sello mecánico eficaz. El sello en la parte superior de la tolva, si bien es importante, no es tan crítico como el de la abertura de descarga. Esto se debe a que el oxígeno presente en la tolva por encima del nivel del asfalto reacciona químicamente



**COMPUERTA CON SELLO LIQUADO**

**F13**

con la superficie superior de la mezcla. Esta reacción forma dióxido de carbono, el cual es más pesado que el aire. Por ser más pesado que el aire, el dióxido de carbono cubre la mezcla, protegiéndola contra mayor oxidación.

Es posible almacenar la mezcla en ambos tipos de tolvas de almacenamiento, las de gas inerte y las de sello líquido, por períodos de 10 días o más sin deteriorarse.

La prueba de tolvas de almacenamiento de mezcla caliente es un arte desarrollado con la experiencia práctica. En los primeros sistemas de almacenamiento, las mezclas se tomaban de los camiones cargados directamente del mezclador. Estas mezclas se colocaban en hielo seco, enfriándolas a una temperatura muy baja para interrumpir la reacción química. En general, las mezclas tomadas de la tolva de almacenamiento exhibían una reducción de aproximadamente 10 puntos en su grado de penetración que las muestras tomadas directamente de la planta. Los resultados indicaban un envejecimiento de la mezcla almacenada en tolvas que no era aceptable. De hecho, las tolvas de almacenamiento estuvieron a punto de ser descartadas antes de poder establecerse como un artículo útil. Afortunadamente, los investigadores pronto descubrieron que si las muestras se tomaban del pavimento, las reducciones en los niveles de penetración de una mezcla tomada de la tolva de almacenamiento o de un mezclador eran iguales entre sí. La mezcla cargada en la planta se comparó con la mezcla cargada de una tolva de almacenamiento tomando muestras detrás de la pavimentadora. Se descubrió que había poca diferencia en los niveles de penetración. Los tres informes adjuntos muestran resultados que verifican las observaciones anteriores.

Si la tolva se utiliza adecuadamente con un sistema de gas inerte o un sello líquido, no se produce deterioro de la mezcla en la tolva aparte del que resulta por el oxígeno presente en los espacios vacíos de la mezcla.



Tan pronto se agota este oxígeno, la oxidación se interrumpe (**Figura 14**). Esta misma oxidación se produce en el camión cuando se transporta la mezcla tomada de la planta hacia la carretera. En otras palabras, toda la oxidación es resultado del oxígeno introducido en la mezcla durante el proceso de mezclado en el mezclador. Varias pruebas han demostrado que la única manera de probar el rendimiento de una tolva de almacenamiento de mezcla caliente con precisión es comparar muestras tomadas del pavimento. Sin embargo, se debe someter a prueba las primeras muestras de asfalto tomadas de la tolva. Si la tolva no está funcionando apropiadamente, la tolva es la zona expuesta al grado más severo de oxidación.

La oxidación del asfalto puede representar ya sea una molestia o un problema crítico para el productor de mezcla caliente. La oxidación puede causar tiempo improductivo y puede afectar la calidad de la mezcla. El comprender las causas, los efectos y las soluciones debe ser parte del conocimiento básico del operador.

Varios factores influyen en la oxidación: el manejo de asfalto líquido, la superficie del pavimento y en los sistemas de tolvas de compensación y de almacenamiento. La oxidación se produce cuando el asfalto queda expuesto al oxígeno presente en la atmósfera. Su efecto aumenta con el paso del tiempo, y su tasa de actividad se acelera con el calor.

La oxidación puede controlarse limitando la exposición del asfalto al oxígeno, reduciendo el tiempo de manejo y limitando las temperaturas en donde sea posible.

El comprender la oxidación es la mitad de la batalla. El aplicar sus conocimientos le ahorrará tiempo, dolores de cabeza y dinero.

## RESULTADOS DE PRUEBAS

Los tres informes siguientes dan los resultados obtenidos en un silo de gas inerte y en un silo con sello líquido en los cuales se almacenó mezcla por siete días.

Estos informes comprueban que la reducción en el grado de penetración se debe al oxígeno inyectado durante el proceso de mezclado.

## INFORME N° 1

Propósito: Demostrar que una mezcla caliente con granulación mediana y abierta puede almacenarse en un silo de almacenamiento con sistema de gas inerte sin perjudicarla de modo significativo.

Silo de gas inerte - CMI Modelo HS-167

Ubicación: T.L. James & Company Natchez, Mississippi, EE.UU.

Planta: Planta dosificadora Simplicity de 2722 kg

Fecha de la prueba: Marzo de 1971

Los datos de este informe se publicaron en AAPT 1972.

por Parr y Brock

Procedimiento: La mezcla de asfalto diseñada por el Departamento de Transporte del Estado de Mississippi se fabricó en una planta Simplicity de 2722 kg.

Las **Figuras 15 y 16** ilustran las dos trayectorias por las cuales viaja esta mezcla. La **Figura 17** muestra los resultados de la mezcla producida en la Trayectoria A (**Figura 15**). La **Figura 18** muestra los resultados de la mezcla producida en la Trayectoria B (**Figura 16**).

### Conclusión:

Si se estudian las **Figuras 17 y 18**, parece que ocurre una reducción significativa en el grado de penetración durante el almacenamiento. Al comparar muestras tomadas del pavimento, es evidente que los resultados finales son idénticos. La reducción en el grado de penetración en la tolva de almacenamiento se produce cuando el oxígeno presente en los espacios vacíos (inyectado durante el mezclado) reacciona con el asfalto. Tan pronto se agota todo este oxígeno, la reacción se interrumpe. Esta reacción ocurre en un grado similar cuando la mezcla se transporta hacia la carretera después de haber sido cargada directamente del mezclador. Además, en ambos casos se introduce un mismo volumen de oxígeno en la mezcla durante el proceso de mezclado.

Por lo tanto, las investigaciones concluyen que el almacenamiento de la mezcla en un silo calentado sin oxígeno no produce deterioro de la mezcla.

### MEZCLADOR



### CAMION



MUESTRAS 1-5

### PAVIMENTO



MUESTRA 10  
90 DIAS



MUESTRA 11  
180 DIAS

### INFORME N° 1 (TRAYECTORIA A)

F15

### MEZCLADOR



### TOLVA



MEZCLA ALMACENADA  
POR 7 DIAS  
(NO SE EXTRAE MEZCLA  
DURANTE ESTE LAPSO)

### CAMION



### PAVIMENTO



MUESTRA 10  
90 DIAS



MUESTRA 11  
180 DIAS

### INFORME N° 1 (TRAYECTORIA B)

F16

N° MUESTRA	TEMPERATURA °C	DIAS DESPUES DE MEZCLADO	PENETRACION A 25°C		DUCTILIDAD A 25°C, cm
			PROMED.		
0*	149	0	89	–	150+
1A	143	0	79	–	150+
1B	140	0	74	76	150+
2A	154	0	81	–	150+
2B	152	0	82	81	150+
3A	149	0	77	–	150+
3B	152	0	81	79	150+
4A	149	0	79	–	150+
4B	149	0	59	69	150+
5A	152	0	79	–	150+
5B	152	0	78	78	150+
10	–	90	57	–	150+
11	–	180	39	–	150+

**ESTUDIO DE TOLVA DE ALMACENAMIENTO-TABLA I**

**F17**

N° MUESTRA	TEMPERATURA °C	DIAS DESPUES DE MEZCLADO	PENETRACION A 25°C		DUCTILIDAD A 25°C, cm
			PROMED.		
1A	149	7	58	60	150+
1B		7	63		150+
2A	146	7	61	62	150+
2B		7	64		150+
3A	146	7	59	60	150+
3B		7	61		150+
4A	149	7	57	59	150+
4B		7	61		150+
5A	146	7	59	61	150+
5B		7	64		150+
6A	154	7	64	63	150+
6B		7	63		150+
7A	152	7	58	57	150+
7B		7	57		150+
8A	149	7	57	58	150+
8B		7	60		150+
9A	149	7	62	60	150+
9B		7	59		150+
10		90	60		150+
11		180	41		150+

**ESTUDIO DE TOLVA DE ALMACENAMIENTO-TABLA II**

**F18**

## INFORME N° 2

Propósito: Demostrar que la reducción en el grado de penetración que se produce cuando la mezcla pasa por una tolva de compensación ocurre durante las primeras tres horas y se debe al oxígeno introducido en el material durante el proceso de mezclado.

Silo de sello líquido - ASTEC HB - 20

Ubicación: Mago Construction Company, Inc.

Tyrone, Kentucky, EE.UU.

Planta: Planta H & B de 2268 kg

Fecha de la prueba: 28 de septiembre de 1977.

Tipo de mezcla: Superficie de hormigón bituminoso con 60% de cal y 40% de arena natural - 5,9% CA 20.

Temperatura objetivo de mezclado: 140°C 10.

### Procedimiento:

1. Haga pasar varias cargas a través de la tolva, usándola como tolva de compensación antes de almacenar la mezcla de prueba.

2. Tome muestras de CA de 2 litros cada una del tanque de almacenamiento durante el mezclado.

3. Cargue el primer camión en el mezclador, después envíe un volumen de mezcla equivalente a la capacidad de un camión hacia la tolva de almacenamiento; repita este procedimiento de carga alternada hasta haber cargado tres camiones y haber enviado

el volumen equivalente a la capacidad de tres camiones hacia la tolva de almacenamiento. Tome muestras del material de los tres camiones cargados en el mezclador: (muestras 1B, 2B y 3B) (muestra 1B tomada de la funda del transportador del silo, representando las cargas 1S, 2S y 3S que entran en el silo).

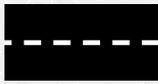
4. Agregue al menos 100 toneladas de material adicional a la tolva de almacenamiento y espere tres horas antes de cargar los camiones con el contenido de la tolva. Tome muestras de los primeros tres camiones cargados con el contenido de la tolva de almacenamiento (muestras 1S, 2S y 3S). Durante el lapso de espera de tres horas, cargue los camiones con el material del mezclador. Cuando los camiones no están presentes, se puede agregar mezcla a la tolva de almacenamiento (las muestras 1S, 2S y 3S son muestras de salida del silo; la 113S es una muestra de entrada).

5. Tome muestras del pavimento que representen el material de los camiones cargados del mezclador (muestras 1A, 3A y 5A) (Figura 19). Después tome muestras del pavimento que representen el material de los primeros tres camiones cargados de la tolva de almacenamiento (muestras 2A, 4A y 6A) (Figura 20). Las muestras del pavimento se toman detrás de la pavimentadora.

### Conclusión:

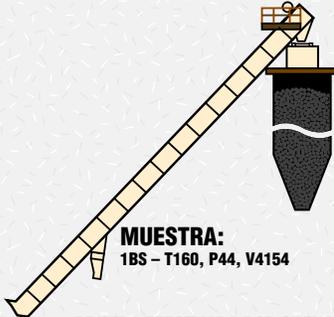
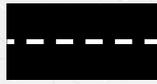
Desafortunadamente, la distancia de acarreo desde la planta a la carretera es muy corta. Por lo tanto, hay menos tiempo para agotar todo el combustible presente en los espacios vacíos antes que la mezcla se enfríe. Sin embargo, la prueba reveló que la oxidación principal se debe al proceso de mezclado. La prueba también reveló que la reducción en el grado de penetración en el silo se produce cuando se consume el oxígeno insertado en los espacios vacíos durante el mezclado. Si la mezcla pasa por el silo por tres horas en lugar de ir directamente a la carretera, el grado de penetración sufre una reducción de 6,8%.

Tomando en cuenta la precisión de la prueba, la distancia corta de acarreo y la ausencia de sello en el silo (usado como tolva de compensación), hay muy poca reducción en el grado de penetración.

TANQUE DE ASFALTO	MEZCLADOR	CAMION	PAVIMENTO
			
<b>MUESTRA:</b> 0—T149, P65, V1670		<b>MUESTRA:</b> 1B—T149, P40, V4762 2B—T160, P45, V4476 3B—T154, P40, V4650	<b>MUESTRA:</b> 1A (de 1B) —P37, V4991 3A (de 1B) —P41, V4526 5A (de 1B) —P39, V4910
PRUEBA EFECTUADA POR CHEVRON ASPHALT CO.			
T = Temperatura P = Penetración V = Viscosidad a 60°C			

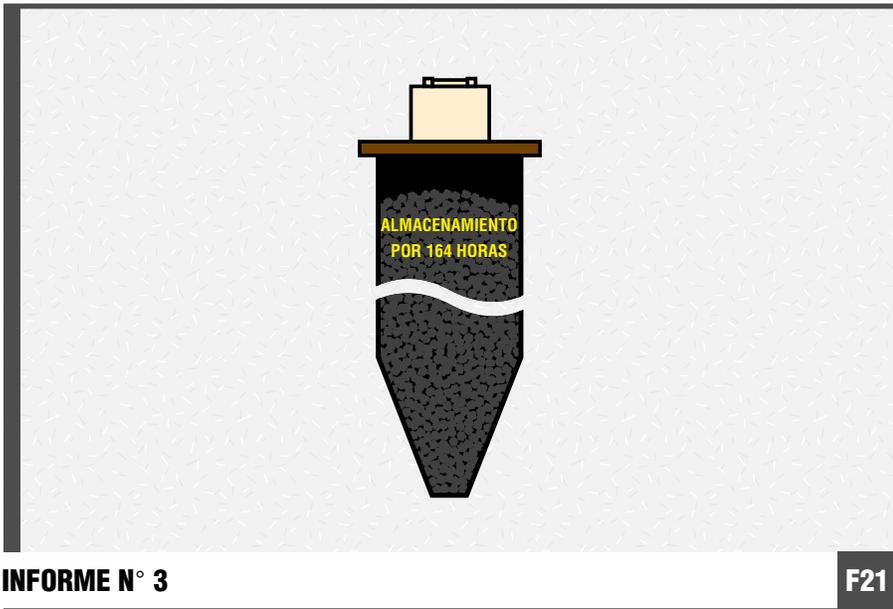
### INFORME N° 2 (TRAYECTORIA A)

F19

TRANSPORTADOR DE ARRASTRE	TOLVA	CAMION	PAVIMENTO
			
<b>MUESTRA:</b> 1BS - T160, P44, V4154		<b>TIEMPO DE ACARREO DE 10 A 15 MIN.</b>	<b>3 HORAS EN TOLVA MAS 30 A 60 MINUTOS</b>
		<b>MUESTRA:</b> 1B - T149, P40, V4762 2B - T160, P45, V4476 3B - T154, P40, V4650	<b>MUESTRA:</b> 1A (de 1B) - P37, V4991 3A (de 2B) - P41, V4526 5A (de 3B) - P39, V4910
PRUEBA EFECTUADA POR CHEVRON ASPHALT CO.			
T = Temperatura P = Penetración V = Viscosidad a 60°C			

### INFORME N° 2 (TRAYECTORIA B)

F20



**INFORME N° 3**

Propósito: Demostrar que la mezcla puede almacenarse en un silo con sello perfecto de líquido por siete días sin sufrir cambio alguno en sus propiedades, salvo aquéllos causados por la reacción de la mezcla con el oxígeno inyectado en sus espacios vacíos durante el proceso de mezclado (**Figura 21**).

Tipo de silo: Astec HB-20 con sello líquido

Ubicación: Mago Construction Company, Inc.

Tyrone, Kentucky, EE.UU.

Planta: Planta H & B de 2268 kg

Fecha de la prueba: Julio de 1977

**INFORME N° 3**

**F21**

**Procedimiento:**

La planta se arrancó y se pasaron varias toneladas de material a través del silo. El silo después se llenó completamente y se dejó sin sellar. Luego de transcurridas dos horas, se tomaron las muestras siguientes mientras se vaciaba el silo.

Muestra	Ubicación
1A	Zona de la compuerta
1B	Después de 50 toneladas
2B	Después de 120 toneladas
3B	Después de 180 toneladas

El silo se volvió a llenar y se tomaron las muestras siguientes:

Muestra	Tiempo transcurrido y ubicación de almacenamiento
2A	24 horas - Primeras 5 toneladas
3A	72 horas - Primeras 5 toneladas
4A	120 horas - (5 días) primeras 5 toneladas
5A	164 horas - (7 días) primeras 5 toneladas
5A-1	164 horas - Después de 25 toneladas
6A	164 horas - Después de 34 toneladas
7A	164 horas - Después de 104 toneladas
8A	164 horas - Ultima carga

Las muestras se enfriaron con hielo seco y se enviaron a tres laboratorios diferentes para ser sometidas a prueba. Los laboratorios son:

1. Estado de Kentucky, EE.UU.
2. Chevron Asphalt Company
3. Chicago Testing Laboratory

Los resultados se ilustran en la **Figura 22**.

### Conclusión:

La muestra 2A parece ser mala debido a material de mala calidad. Aunque aquí no se muestra, los materiales de la muestra eran muy gruesos con un contenido de asfalto muy bajo. Al comparar la penetración promedio de las muestras tomadas después de

dos horas con la penetración promedio de las muestras tomadas después de 164 horas, estos dos valores eran iguales entre sí para todo fin práctico. Si se consideran las viscosidades, aparentemente hay un ligero endurecimiento adicional debido a la reacción final de la mezcla con el oxígeno que resta luego de las dos horas iniciales de almacenamiento. A partir de esta prueba, la investigación concluye que la mezcla puede almacenarse de modo seguro por un lapso de siete días en un silo con sello líquido sin que sufra deterioro.

	N° MUESTRA	STORAGE TIME - HRS.	LOCATION IN SILO	PENETRATION, 77°F					VISCOSITY @ 275°F CST			
				1	2	3	PROMED.	PROMED. DE PROMED.	1	2	3	PROMED.
<b>MUESTRAS TOMADAS DE SILO CON SELLO LIQUIDO</b>	0*		TANQUE DE CA	72	66	89	—	—	502	632	567	
	1A	2	COMPUERTA	47	43	45	79	—	—	745	636	690
	1B	2	50 TONELADAS	52	50	46	74	—	—	613	594	603
	2B	2	120 TONELADAS	54	54	50	81	49	—	621	573	597
	3B	2	180 TONELADAS	55	54	50	82	—	—	558	511	634
	2A	24	COMPUERTA	41	42	35	77	—	—	761	832	796
	3A	72	COMPUERTA	50	47	46	81	—	—	695	635	665
	4A	120	COMPUERTA	48	44	41	79	—	—	755	642	698
	5A	164	COMPUERTA	47	51	50	59	—	—	619	597	608
	6A	164	25 TONELADAS	46	43	46	79	—	—	665	680	672
	7A	164	34 TONELADAS	49	50	46	78	48	—	691	609	650
8A	164	104 TONELADAS	50	47	46	57	—	—	932	658	795	
9A	164	ULTIMA CARGA	49	48	48	39	—	—	614	618	616	

**ESTUDIO DE TOLVA DE ALMACENAMIENTO-TABLA III**

**F22**

---

## Notas



**ASTECC**

una división de Astec Industries, Inc.



PO BOX 72787 • 4101 JEROME AVE. • CHATTANOOGA, TN 37407 E.U.A. • 423-867-4210 • FAX 423-867-4636 • [www.astecinc.com](http://www.astecinc.com)

© ASTEC 1994

2.5M WMS 1/99

Printed in USA.